

Запропоновано метод і розроблено пристрій для регулювання інтенсивності світлового потоку освітлювальних установок на основі використання потужних світлодіодних модулів змінного струму з глибиною регулювання від 0 до 100%.

УДК 628.973 (045)

М. Г. Бурма, канд. техн. наук

Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І.Веркіна

В. Ф. Рой, докт. техн. наук,

О. Ю. Поліщук, асп.

Харківська національна академія міського господарства

СВІТЛОРЕГУЛЮВАННЯ В УСТАНОВКАХ З ПОТУЖНИМИ СД МОДУЛЯМИ

Проблема впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій в усіх сферах народного господарства України, в тому числі у галузі освітлювальної техніки, де споживається до 20% усієї вироблюваної електричної енергії, є досить актуальною. Найбільш логічним шляхом вирішення цієї проблеми є, насамперед, застосування в освітлювальних установках (ОУ) різноманітного призначення найбільш ефективних джерел світла, а також впровадження систем динамічного регулювання інтенсивності світлового випромінювання. До таких джерел світла, насамперед, відносяться потужні світлодіоди (СД), що мають суттєві переваги перед традиційними приладами. Це низька споживана потужність (десятки Вт) при високій світловіддачі (до 100 лм/Вт), підвищений строк служби (до 50 тис. годин), малі маса та габарити. Вони безпечні в експлуатації, екологічні, тому не потребують спеціальних методів утилізації, на відміну від люмінесцентних ламп, що містять ртуть. Це обумовлює перспективи широкого застосування потужних СД в ОУ різноманітного призначення. Що стосується інших енергоекономічних джерел світла – компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ), то при усіх позитивних функціональних характеристиках, вони мають суттєві проблеми в сфері електромагнітної сумісності (electromagnetic compatibility) електричних кіл ОУ з живлячою мережею, що жорстко регламентовані ДСТУ 4210:2003 (УТ55103-1996) “Електромагнітна сумісність.” Це пояснюється тим, що по відношенню до живлячої мережі КЛЛ є суттєво нелінійним елементом, що споживає струм, який містить значну кількість вищих гармонік і має коефіцієнт викривлення синусоїдальності споживаного струму до 94% [1], і не відповідає ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2005 та ряду інших нормативних документів щодо допустимого рівня емісії вищих гармонік струму в електричну мережу. Що стосується потужних СД постійного струму, то наявність електронного перетворювача змінної напруги та нелінійність характеристик самих СД, також призводить до деформування кривих напруги та струму, внаслідок чого відбувається протікання по елементам мережі ОУ вищих гармонік струму. Тому для ОУ на основі потужних СД також запроваджено нормування допустимих завад згідно ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2005 в залежності від їх потужності і величини $\cos \phi$. Зокрема, для світлових приладів (СП), що мають потужність менше за 25 Вт, нормуються величини третій та п’ятої гармонік, що не повинні перевищувати, відповідно, 46 і 61% від струму основної гармоніки. Експериментальні дослідження гармонічного складу струму джерел світла типу СДП-27, СДП-27-Ш та СДК-27, що мають потужність менше 25 Вт свідчать, що рівень вищих гармонік кривої струму в мережі з цими СД знаходиться на межі встановлених ДСТУ вимог [2]. При перевищенні сумарною споживаною потужністю величини 25 Вт

майже усі СП на базі СД не відповідають цим вимогам, що потребує застосування спеціальних схемних рішень для забезпечення електромагнітної сумісності їх з живлячою мережею, що суттєво здорожує ОУ.

Реальною можливістю вирішити цю проблему є застосування в ОУ найбільш сучасних потужних СД модулів (наприклад, типу «Acriche» фірми Seoul Semiconductor), розрахованих на живлення безпосередньо від мережі 220 В змінного струму [3]. Даний світлодіод, на відміну від досі існуючих, не потребує перетворення змінного струму в постійний, тому одне з основних джерел перешкод – електронний перетворювач напруги – тут відсутній. Світлодіод змінного струму являє собою модульну збірку з двох зустрічно-паралельно з'єднаних діодних ланцюжків, що складаються з окремих світло випромінюючих елементів. Тому одне з плече збірки випромінює світло в позитивний напівперіод змінної напруги, а інше – в негативний напівперіод напруги мережі 110 або 220 В. Важливими техніко-економічними показниками СД є великий (до 35 тис. годин по критерію зменшення світлового потоку на 30%) строк служби, мале електроспоживання та лінійна залежність світлового потоку від напруги живлення, що дає змогу здійснювати регулювання рівня світлового потоку ОУ. Характер вольт-секундної характеристики такого СД не дозволяє суттєво розширити діапазон регулювання світлового потоку в бік низьких напруг живлення. Це пояснюється тим, що кожний з двох ланцюжків модульної збірки складається з великої кількості мініатюрних світлодіодів з'єднаних послідовно, тому нижня межа робочої напруги визначається сумарним опором цього ланцюжка. З експериментальних осцилограм, наведених в [4], видно, що при живленні синусоїдальною напругою СД вмикається при досягненні напругою величини 150 В і при такій же напрузі гасне протягом одного напівперіоду. Завдяки особливості вольт-секундної характеристики СД це призводить до протікання значної кількості вищих гармонік кривої струму в освітлювальних мережах. Однією з можливостей запобігти цьому явищу і, водночас, підвищити ефективність використання електричної енергії СД, є живлення його напругою у формі “меандру”. При цьому коефіцієнт використання напруги наближається до 1, внаслідок чого виключається різко-нелінійна ділянка вольт-секундної характеристики діоду, що відповідає за виникнення вищих гармонік струму в освітлювальній мережі. Оскільки струм живлення через СД протікає на протязі усього напівперіоду напруги, то з'являється можливість здійснювати регулювання виходу світлового випромінювання в широкому діапазоні – практично від 0 до 100%.

Проблема автоматичного регулювання освітленості робочих та житлових приміщень пов'язана не тільки з метою економії електричної енергії, але також з необхідністю створення комфортного та безпечного світлового середовища в промисловості, побуті та в інших сферах суспільної діяльності, що суттєво впливає на біологічний і психологічний стан людини [5]. По даним роботи [6], в ФРН системами автоматичного регулювання світлового потоку обладнані до 80% ОУ, внаслідок чого економія електроенергії, в залежності від рівня природного освітлення, складає від 30 до 50%. Іншою важливою проблемою, що її повинна вирішувати система світлорегулювання, – це необхідність підтримувати нормовані рівні освітленості в приміщеннях у зв'язку з процесами «старіння» усіх типів джерел світла, включно і СД, що проявляється у зниженні світлового потоку на протязі строку служби до 0,6÷0,8 від початкової величини. В сучасних системах автоматичного регулювання, які мають зворотній зв'язок по величині світлового потоку, цей процес компенсується і освітленість підтримується на заданому рівні.

З точки зору медико-біологічного впливу освітлення на організм людини, світлорегулювання дає змогу змінювати як інтенсивність світлового потоку, так і зміню

кольорової температури і індексу кольоропередачі випромінювання і тим самим позитивно впливати на стан здоров'я, настрої та самопочуття. Освітлення безпосередньо впливає на функціонування зорового апарату і визначає зорову роботоздатність, що було зафіксовано багатьма дослідниками [7,8]. Зокрема встановлено, що покращення освітлення робочого місця позитивно впливає на самопочуття персоналу: підвищується продуктивність праці, зменшується число браку та нещасних випадків. Слід зауважити, що промислове освітлення потребує ретельного дослідження завдяки різноманітним умовам виконання робіт в різних галузях з різними зоровими задачами. В деяких випадках слід мати можливість здійснювати так зване динамічне освітлення, коли в процесі виконання специфічних видів робіт необхідно змінювати інтенсивність освітлення робочих місць по певному закону [9], що суттєво впливає на ефективність роботи.

Наведена аргументація свідчить про актуальність створення автоматизованих систем регулювання освітлення в усіх типах освітлювальних установок - як для виробничих, так і суспільно-побутових приміщень з використанням найбільш енергоекономічних джерел світла. Застосування ЛЛ в якості джерел світла в системах динамічного освітлення обмежено незначним діапазоном регулювання світлового потоку завдяки особливостям газового розряду в таких лампах. Тому для розширення діапазону регулювання світлового потоку в них використовують спеціальний режим, який полягає в інтенсивному підігріву катодів ЛЛ, що потребує додаткових витрат електроенергії, призводить до їх інтенсивного розпилення і різкого зменшення строку служби ламп. Недоліком запропонованої в [11] світлодіодної ОУ, в якій регулювання світлового потоку СД здійснюється шляхом зміни напруги живлення, - є малий (~30%) діапазон регулювання світлового потоку, що пояснюється особливостями вольт-амперної характеристики СД змінного струму, запалювання яких відбувається при досягненні амплітудою змінної синусоїдальної напруги живлення 150 В. Це означає, що діапазон регулювання світлового потоку такої освітлювальної установки знаходиться в межах $220 \div 160$ В, тобто складає всього 30% від максимальної величини, що недостатньо для здійснення режиму динамічного освітлення. Розширити діапазон регулювання освітленості практично від максимального рівня до повного затемнення можна за допомогою запропонованого нами методу [12], який заснований на використанні елементів мікропроцесорної техніки. Блок-схема запропонованої системи регулювання освітленості ОУ на основі потужних СД змінного струму та епюри напруг представлені на рис.1, 2. Функціональна схема світлодіодної ОУ з регулюванням рівня освітленості містить (рис.1) генератор тактових імпульсів 1 вихід

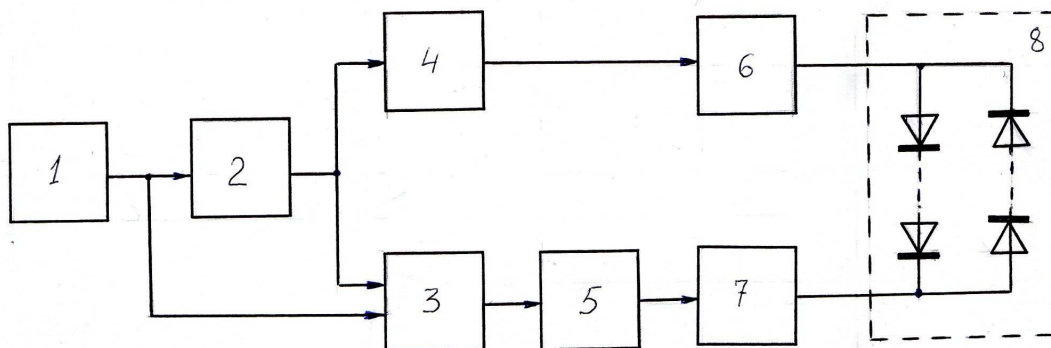


Рис. 1 - Функціональна схема регулювання ОУ

якого з'єднано з входом дільника частоти 2, і входом блока затримки 3. З виходу дільника частоти 2 імпульси подаються на дільник 4 і другий вхід блоку затримки 3. З виходу дільника 4 імпульси прямують до входу підсилювача потужності 6, а з виходу

блока затримки імпульси прямують на дільник 5 и далі на другий підсилювач потужності 7. З обох підсилювачів потужності 6 і 7 імпульси напруги прямують до відповідних входів СД сборки.

Пристрій працює наступним чином. Генератор тактових імпульсів 1 генерує імпульси напруги з періодом послідовності T_0 , які прямують до дільника частоти 2, де діляться в N раз і прямують до входу дільника 4 з виходу якого у вигляді меандру з періодом $2N \cdot T_0$ прямують до входу підсилювача потужності 6, з виходу якого – на один з входів СД сборки 8. При одночасній подачі у блок затримки 3 сигналів з тактового генератора 1 і дільника 2, виробляється імпульс напруги зсунутий в часі на nT_0 . Тривалість часу затримки визначається блоком 3. Сигнал з виходу блоку затримки 3 з періодом NT_0 затриманий на час nT_0 подається на дільник частоти 5 з виходу якого у вигляді меандру подається на вхід підсилювача потужності 7, з виходу якого прямує на другий вхід СД сборки 8. Струм живлення через СД 8 буде проходити тільки, якщо різниця потенціалів на виході блоків 6 і 7 не дорівнює нулю. (Зміною тривалості затримки сигналу управління блоком 3 досягається максимальна глибина лінійного регулювання потужності випромінювання в N раз, де N – довільне число. Епюри роботи блоків схеми регулювання наведені на рис.2.

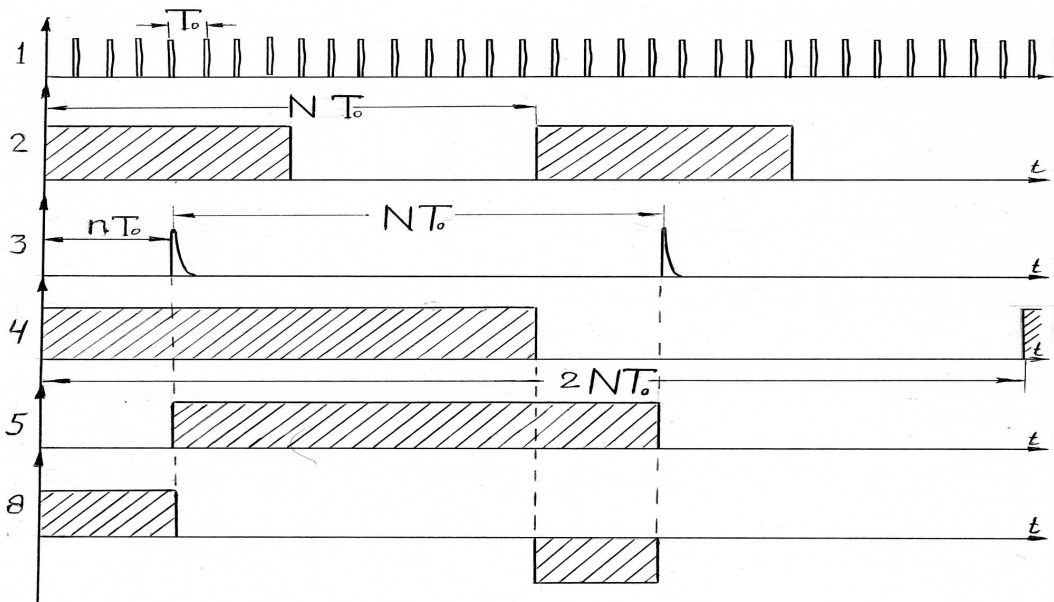


Рис.2 - Епюри напруг на виході блоків ОУ.

Таким чином, запропонована система дозволяє здійснювати глибоке регулювання світлового потоку СД ОУ від максимального значення (100%) до нуля і отже, придатна для реалізації динамічного режиму в освітлювальних установках як індивідуального, так і групового використання в промислових, адміністративних, побутових приміщеннях та установках зовнішнього освітлення. Для запобігання явищу стробоскопічного ефекту в процесі регулювання світлового потоку необхідно використовувати підвищену частоту живлячої напруги в діапазоні від 20 до 40 кГц.

Література

1. Жаркін А.Ф., Козлов А.В. Анализ эффективности энергозберегающих КЛЛ. Світлотехніка та електроенергетика.- 2007.- №1(9).- С. 4-9.
2. Міжнародний стандарт EN61000-3-2: 2000. Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 3-2: Limits- Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A htr phase).
3. Вон Кук Сон. О светодиодных модулях «ACRICHE».- Светотехника.-2007.- №6.- С. 54-56.

4. Ю.В.Рой, В.М.Полищук. Дослідження параметрів світлодіодів змінного струму. Восточно-европейский журнал передовых технологий.-2009.- №2/7(38).- С. 8-9.
5. В.Ван Боммель. Зрительные, биологические и эмоциональные аспекты освещения. «Светотехника», 2005, №4, С.4-6.
6. Ван Боммель. Динамическое освещение рабочих мест помещений. //Светотехника.- 2006.- №6.-С.15-18.
7. Т.Д. Бенцигер. Светорегулирование в осветительных системах. «Светотехника», 2002, №1, С.27-30.
8. Г.Жюслен, М.Фассиан. Освещение и производительность труда. Светотехника, 2005, №3, С.17-19.
9. Juslen H., Wouters M., Tenner A. Lighting level and productivity: Field study in the electronics industry. Submitted for publication. 2004.
10. А.К.Соловьёв. Автоматическое регулирование искусственного освещения и его эффективность. Светотехника, 1999, №5, С.2-4.
11. Лишик Н.И. et al. Проблемы применения светодиодов в осветительных и светосигнальных установках. //Светотехника.-2008.-№4.- С.22 -26.
12. Рой В.Ф. et al. Світлодіодна освітлювальна установка. Патент України № 53523, від 11.10.2010. Бюл №19.

СВЕТОРЕГУЛИРОВАНИЕ В УСТАНОВКАХ С МОЩНЫМИ СД МОДУЛЯМИ

М. Г. Бурма, В. Ф. Рой, О. Ю. Полищук

Предложен метод и разработано устройство для регулирования интенсивности светового потока осветительных установок на основе использования мощных светодиодных модулей переменного тока с глубиной регулирования от 0 до 100%.

LIGHT EMISSION CONTROL IN DEVICES WITH POWERFUL LED MODULUS

N. G. Bourma, V. F. Roy, O. U. Polishchuk

A method is offered and the device is developed for adjusting of intensity of light stream of lighting options on the basis of the use of powerful light-emitting diodes modules of alternating current with the depth of adjusting from 0 to 100%.